

## Pemanfaatan Arduino-IoT dalam Pengembangan STEMLAB Fisika: Studi Eksploratif terhadap Persepsi Mahasiswa

Dian Pertiwi Rasmi \*, Neneng Lestari, Jeliana Veronika Sirait, dan Budi Eka Dharma

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

\*E-mail: [dianrasmi@unja.ac.id](mailto:dianrasmi@unja.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi persepsi mahasiswa pendidikan fisika terhadap integrasi teknologi Arduino dan *Internet of Things* (IoT) dalam pengembangan media pengayaan berbasis STEMLAB. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif eksploratif dengan tahapan Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 1–3 yang dilaksanakan selama 12 bulan. Subjek penelitian adalah 30 mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jambi semester 4. Instrumen penelitian meliputi kuesioner terbuka, pedoman wawancara semi terstruktur, dan rubrik analisis tematik sebagai instrumen penelitian yang telah divalidasi dengan rata-rata validitas 87,3%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 84% mahasiswa menilai visualisasi data *real time* dapat meningkatkan pemahaman konsep, 91% setuju integrasi teknologi membuat pembelajaran lebih menarik, dan 81% tertarik mempelajari Arduino dalam konteks eksperimen fisika. Purwarupa media berbasis Arduino Uno R3 dan NodeMCU ESP8266 dengan sensor TDS, EC, pH, dan suhu telah dikembangkan dan diuji terbatas kepada 8 mahasiswa dengan hasil validasi pakar mencapai 88,5% dan tingkat kepuasan pengguna 87,5%. Penelitian ini menghasilkan desain media tervalidasi yang responsif terhadap kebutuhan mahasiswa dan siap untuk implementasi lebih luas.

**Kata kunci:** Arduino, *Internet of Things*, STEMLAB, Persepsi Mahasiswa, Media Pembelajaran Fisika

### Abstract

*This study aims to explore physics education students' perceptions of integrating Arduino and Internet of Things (IoT) technology in developing STEMLAB-based enrichment media. The research method used an exploratory qualitative approach with Technology Readiness Level (TRL) stages 1–3 conducted over 12 months. The research subjects were 30 students from the Physics Education Study Program at Jambi University in semesters 4. Research instruments included open questionnaires, semi-structured interview guides, and thematic analysis rubrics validated with an average validity of 87.3%. Results showed that 84% of students believed real-time data visualization could enhance concept understanding, 91% agreed technology integration makes learning more engaging, and 81% were interested in learning Arduino in physics experiment contexts. A prototype media based on Arduino Uno R3 and NodeMCU ESP8266 with TDS, EC, pH, and temperature sensors was developed and tested on 8 students with expert validation reaching 88.5% and user satisfaction rate of 87.5%. This research produced a validated media design responsive to student needs and ready for wider implementation.*

**Keywords:** Arduino, *Internet of Things*, STEMLAB, Student Perception, Physics Learning Media.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam era Revolusi Industri 4.0 dan *Society* 5.0 menuntut transformasi pembelajaran fisika di perguruan tinggi yang tidak hanya menekankan pemahaman konseptual, tetapi juga pengembangan keterampilan abad ke-21 (Capraro et al., 2013; Kelley et al., 2020). Pembelajaran fisika di laboratorium seharusnya

menjadi wahana utama mengembangkan keterampilan proses sains mahasiswa, namun praktikum sering kali bersifat prosedural dan kurang memberikan ruang eksplorasi teknologi (Sulaiman et al., 2023).

Integrasi teknologi seperti Arduino dan *Internet of Things* (IoT) dalam pembelajaran fisika memiliki potensi besar meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konsep melalui visualisasi data real-time (Ga et al., 2021;

Marín-Marín et al., 2024). Pengembangan media pengayaan berbasis STEMLAB yang mengintegrasikan Arduino-IoT dapat memperkuat dimensi teknologi dan rekayasa dalam pembelajaran, memungkinkan eksperimen fisika yang lebih interaktif melalui penggunaan sensor dan visualisasi data digital (Hong et al., 2012; Kuo et al., 2019).

Meskipun penelitian tentang penggunaan Arduino dalam pendidikan telah berkembang (Petryshyn et al., 2024), kajian yang secara khusus mengeksplorasi persepsi mahasiswa sebagai pengguna akhir pada tahap awal pengembangan (TKT 1–3) masih sangat terbatas (Kusumaningtyas, 2024). Penelitian terdahulu lebih banyak menguji efektivitas produk akhir tanpa menggali persepsi pengguna sebelum pengembangan dilakukan. Padahal, memahami persepsi, kebutuhan, dan kesiapan mahasiswa merupakan langkah krusial untuk menghasilkan desain media pembelajaran yang responsif dan efektif.

Observasi awal di Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jambi menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa belum familiar dengan Arduino, namun menunjukkan minat tinggi terhadap penggunaannya. Survei terhadap 25 mahasiswa mengungkapkan 84% menilai integrasi Arduino-IoT dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika, tetapi 72% menyatakan membutuhkan pendampingan awal. Temuan ini memperkuat urgensi penelitian untuk mengeksplorasi persepsi mahasiswa secara mendalam sebagai dasar pengembangan media pengayaan fisika berbasis STEMLAB



Gambar 1. Hasil observasi awal di Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jambi

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan *user-centered* yang menggali

persepsi mahasiswa pada tahap konseptual (TKT 1–3), menghasilkan desain media berbasis kebutuhan nyata pengguna. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi persepsi, kebutuhan, dan kesiapan mahasiswa terhadap integrasi *Arduino-IoT* dalam media pengayaan fisika berbasis STEMLAB, serta mengembangkan purwarupa yang divalidasi secara terbatas untuk implementasi lebih luas

## METODE/EKSPERIMEN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif eksploratif untuk menggali secara mendalam persepsi dan kebutuhan mahasiswa terhadap integrasi Arduino-IoT dalam media pengayaan fisika berbasis STEMLAB. Penelitian dilaksanakan selama 12 bulan di Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jambi dengan tahapan Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 1–3.

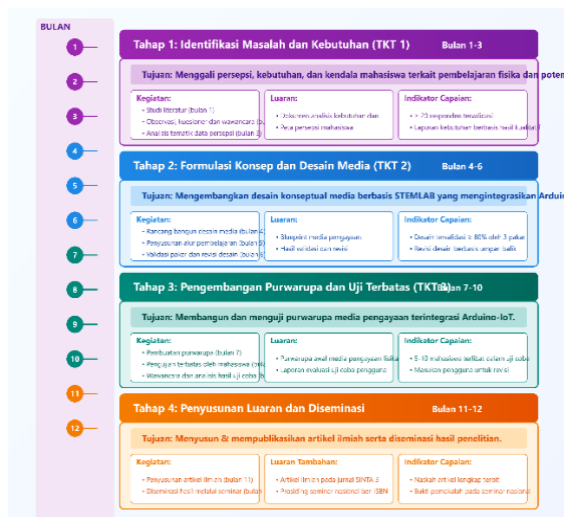
Subjek penelitian adalah 30 mahasiswa Pendidikan Fisika semester 4 yang dipilih secara *purposive sampling* dengan kriteria telah menempuh mata kuliah praktikum fisika dasar dan memiliki ketertarikan terhadap teknologi pembelajaran. Dari 30 mahasiswa tersebut, 6 mahasiswa dipilih sebagai informan kunci untuk wawancara mendalam, dan 8 mahasiswa terlibat dalam uji coba terbatas purwarupa.

Tahap 1 (TKT 1) meliputi identifikasi masalah dan kebutuhan melalui studi literatur, penyusunan instrumen penelitian, observasi lapangan di laboratorium fisika, serta pengumpulan data melalui kuesioner terbuka dan wawancara semi terstruktur. Instrumen penelitian telah divalidasi oleh tiga ahli (dua ahli pendidikan fisika dan satu ahli teknologi pendidikan) dengan rata-rata validitas 87,3%. Tahap 2 (TKT 2) fokus pada perancangan desain konseptual media yang mengintegrasikan Arduino Uno R3, NodeMCU ESP8266, sensor TDS, EC, pH, dan suhu DS18B20 waterproof. Desain pembelajaran berbasis *Project Based Learning* (PjBL) dengan topik pencemaran air dikembangkan dan divalidasi oleh tiga pakar dengan hasil validasi 88,5%.

Gambar 2. Instrumen penelitian yang digunakan untuk mengeksplorasi persepsi mahasiswa

Tahap 3 (TKT 3) meliputi pengembangan purwarupa dan uji terbatas kepada 8 mahasiswa yang bekerja dalam 2 kelompok selama 2 sesi (masing-masing 120 menit).

Data kualitatif dari wawancara dan observasi dianalisis menggunakan analisis tematik untuk mengidentifikasi pola persepsi, kebutuhan, dan tantangan mahasiswa. Data kuantitatif dari kuesioner dianalisis secara deskriptif untuk menghitung persentase respons mahasiswa. Validasi pakar dianalisis menggunakan formula validitas Aiken untuk menentukan kelayakan instrumen dan desain media. Gambar 3 berikut menunjukkan tahapan penelitian.



Gambar 3. Diagram alir tahapan penelitian dari identifikasi masalah (TKT 1) hingga pengembangan purwarupa (TKT 3)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### HASIL

Hasil analisis data dari 30 mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jambi menunjukkan persepsi yang beragam terhadap pembelajaran fisika saat ini dan potensi integrasi teknologi Arduino-IoT. Data dikumpulkan melalui kuesioner terbuka dan wawancara mendalam yang telah divalidasi dengan rata-rata validitas 87,3%.

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa (78%) menyatakan praktikum fisika yang dilaksanakan saat ini kurang memberikan ruang untuk eksplorasi dan kreativitas. Mayoritas mahasiswa (84%) menilai bahwa visualisasi data secara waktu-nyata dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika mereka. Sebanyak 91% mahasiswa setuju bahwa integrasi teknologi dapat membuat pembelajaran lebih menarik dan kontekstual.

Tabel 1 menunjukkan ringkasan hasil analisis persepsi mahasiswa terhadap berbagai aspek pembelajaran fisika dan integrasi teknologi Arduino-IoT.

Tabel 1. Ringkasan hasil analisis persepsi mahasiswa terhadap pembelajaran fisika dan integrasi Arduino-IoT (N=30)

No	Aspek Persepsi	Persentase	Kategori
1	Praktikum kurang memberikan ruang eksplorasi	78%	Setuju
2	Visualisasi waktu-nyata meningkatkan pemahaman	84%	Setuju
3	Teknologi membuat pembelajaran lebih menarik	91%	Setuju
4	Belum pernah menggunakan Arduino	69%	Ya
5	Tertarik mempelajari Arduino-IoT	81%	Ya
6	Membutuhkan pendampingan awal	72%	Ya
7	Keterbatasan pengetahuan pemrograman	68%	Ya

No	Aspek Persepsi	Persentase	Kategori
8	Kekhawatiran terhadap kompleksitas perangkat keras	54%	Ya
9	Keterbatasan waktu adaptasi teknologi	61%	Ya
10	Kebutuhan modul pembelajaran terstruktur	87%	Ya

Data menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa (69%) belum pernah menggunakan Arduino dalam pembelajaran. Namun demikian, minat mahasiswa terhadap teknologi ini sangat tinggi, dengan 81% mahasiswa menyatakan tertarik untuk mempelajari Arduino dalam konteks eksperimen fisika. Sebanyak 72% mahasiswa mengakui membutuhkan pendampingan awal dalam penggunaan Arduino-IoT. Analisis tematik terhadap data kualitatif dari wawancara mengungkapkan beberapa tema utama terkait harapan dan tantangan mahasiswa dalam penggunaan media berbasis Arduino-IoT. Hasil dari analisis tematik ini ditunjukkan pada gambar 4.

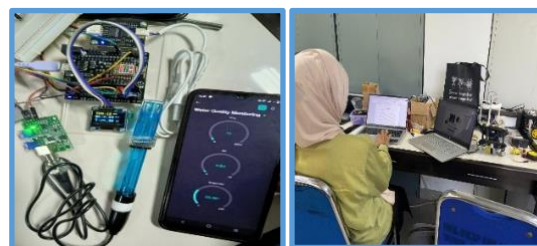


Gambar 4. Hasil analisis tematik menunjukkan tema-tema utama dari harapan dan tantangan mahasiswa dalam penggunaan media Arduino-IoT

Berdasarkan hasil ini, mahasiswa memiliki harapan spesifik terhadap media yang akan dikembangkan, meliputi: (1) antarmuka yang mudah digunakan dengan panduan yang jelas;

(2) visualisasi data yang menarik dan mudah dipahami; dan (3) peluang untuk menerapkan keterampilan Arduino-IoT dalam proyek akhir mereka. Tantangan yang teridentifikasi mencakup: (1) keterbatasan pengetahuan dasar pemrograman (68%); (2) kekhawatiran terhadap kompleksitas perangkat keras (54%); (3) keterbatasan waktu untuk adaptasi teknologi baru (61%); dan (4) kebutuhan akan modul pembelajaran yang terstruktur (87%).

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan mahasiswa, dirancang media pengayaan fisika berbasis STEMLAB dengan spesifikasi lengkap. Media mengintegrasikan Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler utama, NodeMCU ESP8266 untuk konektivitas Wi-Fi, serta sensor TDS, EC, pH, dan suhu DS18B20 tahan air untuk pengukuran parameter kualitas air. Hasil desain untuk pengukuran parameter ini ditunjukkan pada gambar 5.

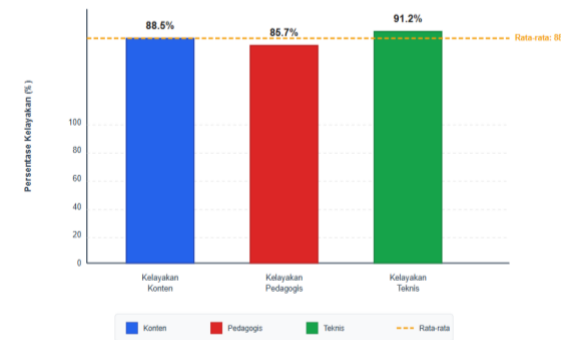


Gambar 5. Desain rangkaian sistem pemantauan kualitas air berbasis Arduino Uno R3 dan NodeMCU ESP8266 dengan sensor TDS, EC, pH, dan suhu DS18B20

Sistem dilengkapi dengan LCD 16x2 I2C untuk tampilan data lokal dan *platform Blynk* untuk visualisasi waktu-nyata melalui *smartphone*. Fitur utama media meliputi: (1) pengukuran otomatis parameter kualitas air; (2) visualisasi grafik langsung; (3) pemberitahuan kondisi tertentu; (4) ekspor data dalam format CSV; dan (5) kalibrasi sensor untuk menjaga akurasi pengukuran.

Desain media divalidasi oleh tiga pakar yang terdiri dari satu ahli pendidikan fisika dengan keahlian media pembelajaran, satu ahli teknologi pendidikan dengan fokus pendidikan STEM, dan satu praktisi Arduino dan IoT dari kalangan industri. Validasi dilakukan menggunakan instrumen yang mencakup

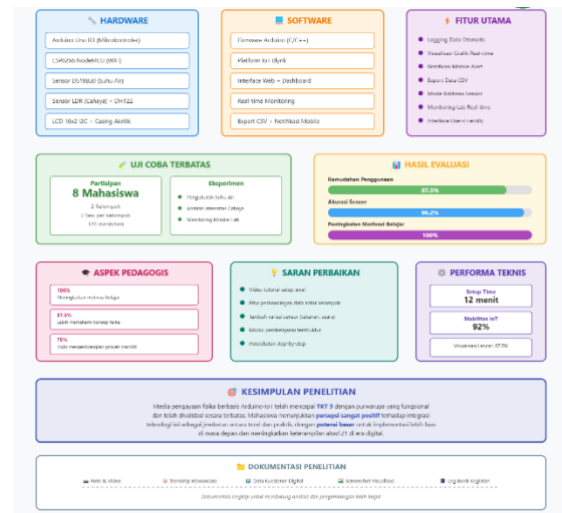
aspek kelayakan konten, kelayakan pedagogis dan kelayakan teknis sistem Arduino-IoT. Hasil validasi ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil validasi kelayakan media oleh tiga ahli menunjukkan rata-rata validitas 88,5% dengan kategori sangat layak

Hasil validasi menunjukkan nilai rata-rata 88,5%, yang mengindikasikan bahwa desain media memiliki kelayakan sangat baik untuk dikembangkan menjadi purwarupa. Aspek yang dinilai meliputi relevansi dengan tujuan pembelajaran, kemudahan penggunaan, akurasi teknis, dan potensi peningkatan pemahaman konsep fisika mahasiswa.

Purwarupa media dikembangkan berdasarkan desain yang telah divalidasi dan diuji terbatas kepada 8 mahasiswa yang bekerja dalam 2 kelompok selama 2 sesi pembelajaran (masing-masing 120 menit). Desain Alur hasil kegiatan memberikan hasil kesimpulan yang positif terhadap integrasi teknologi dalam perkuliahan dan implementasi lebih luas dan terlihat terstruktur pada gambar 7.



Gambar 7. Diagram alir tahapan pengembangan purwarupa dari desain konseptual hingga uji coba terbatas dengan mahasiswa

Diagram alir ini menggambarkan hasil pengembangan dari mulai desain konseptual, pengembangan purwarupa hingga uji coba terbatas dengan mahasiswa. Diagram ini merepresentasikan rangkaian tahapan yang telah direalisasikan dalam penelitian. Tabel 2 menunjukkan ringkasan hasil uji coba terbatas dari aspek teknis dan pedagogis.

Tabel 2. Ringkasan hasil uji coba terbatas (N=8 mahasiswa)

No	Aspek yang Diukur	Hasil/Nilai	Persentase
<b>A. ASPEK TEKNIS</b>			
1	Kemudahan penggunaan antarmuka	Mudah	87,5%
2	Waktu rata-rata pemasangan sistem	12 menit	-
3	Akurasi sensor dibanding alat standar	Sangat baik	96,2%
4	Stabilitas koneksi IoT	Stabil	92%
5	Kelancaran visualisasi data	Lancar	87,5%
<b>B. ASPEK PEDAGOGIS</b>			
6	Peningkatan motivasi belajar	Meningkat	100%
7	Pemahaman konsep fisika lebih baik	Setuju	87,5%

8	Minat mengembangkan proyek mandiri	Termotivasi	75%
---	------------------------------------	-------------	-----

Dari aspek teknis, hasil menunjukkan bahwa 87,5% mahasiswa menilai antarmuka mudah digunakan dengan waktu rata-rata pemasangan sistem 12 menit. Akurasi sensor mencapai 96,2% dibandingkan dengan alat standar laboratorium. Koneksi IoT stabil pada 92% kasus pengujian, dan visualisasi data berjalan lancar pada 87,5% percobaan.

Dari aspek pedagogis, seluruh mahasiswa (100%) menyatakan media ini meningkatkan motivasi belajar mereka. Sebanyak 87,5% mahasiswa merasa lebih memahami konsep fisika melalui eksperimen berbasis IoT, dan 75% mahasiswa termotivasi untuk mengembangkan proyek serupa secara mandiri. Masukan untuk pengembangan lebih lanjut mencakup: (1) penambahan video tutorial untuk kemudahan penggunaan; (2) fitur perbandingan data antar kelompok; (3) variasi sensor baru untuk parameter lain; dan (4) modul pembelajaran bertahap yang lebih terstruktur.

## PEMBAHASAN

### Persepsi Mahasiswa terhadap Pembelajaran Fisika Konvensional

Temuan bahwa 78% mahasiswa menyatakan praktikum fisika kurang memberikan ruang untuk eksplorasi dan kreativitas sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman et al. (2023) yang mengungkapkan bahwa praktikum fisika tradisional cenderung prosedural dan kurang mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pembelajaran fisika di laboratorium masih terjebak dalam rutinitas yang bersifat prosedural, di mana mahasiswa hanya mengikuti prosedur tanpa diberi kesempatan untuk merancang eksperimen sendiri atau mengeksplorasi fenomena fisika secara lebih mendalam.

Hasil penelitian yang menunjukkan 84% mahasiswa menilai visualisasi data waktu-

nyata dapat meningkatkan pemahaman konsep mengkonfirmasi potensi teknologi IoT dalam pembelajaran fisika sebagaimana dikemukakan oleh Hendri et al. (2025) dalam penelitiannya tentang integrasi Arduino Uno dan konsep IoT dalam pengembangan media pembelajaran medan magnet. Visualisasi data secara langsung memungkinkan mahasiswa untuk melihat hubungan sebab-akibat antara variabel yang dimanipulasi dengan hasil pengukuran, sehingga memfasilitasi konstruksi pemahaman konseptual yang lebih baik (Ga et al., 2021). Hal ini sesuai dengan teori pembelajaran konstruktivisme yang menekankan pentingnya pengalaman konkret dalam pembentukan pengetahuan.

Tingginya persetujuan mahasiswa (91%) bahwa integrasi teknologi dapat membuat pembelajaran lebih menarik dan kontekstual mendukung temuan yang dikemukakan oleh Zhang dan Ma (2023) bahwa pembelajaran berbasis proyek dengan integrasi teknologi meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa secara signifikan. Kontekstualisasi pembelajaran melalui topik pencemaran air yang relevan dengan isu lingkungan membuat mahasiswa melihat kebermanfaatannya langsung dari konsep fisika yang dipelajari, sehingga meningkatkan kebermaknaan dalam pembelajaran. Penelitian oleh Kuo et al. (2019) juga memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa pembelajaran STEM interdisipliner berbasis proyek dapat meningkatkan motivasi dan kreativitas mahasiswa.

### Kesenjangan Pengetahuan dan Minat terhadap Teknologi Arduino-IoT

Data yang menunjukkan 69% mahasiswa belum pernah menggunakan Arduino dalam pembelajaran konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Marin-Marín et al. (2024) yang menemukan bahwa meskipun Arduino memiliki potensi besar dalam pendidikan, penggunaannya masih terbatas dalam konteks pendidikan menengah. Kesenjangan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: (1) keterbatasan infrastruktur dan perangkat di institusi pendidikan; (2) kurangnya pelatihan guru dalam teknologi mikrokontroler; dan (3)

belum terintegrasi teknologi Arduino dalam kurikulum resmi. Petryshyn et al. (2024) dalam penelitiannya tentang penggunaan Arduino untuk mengembangkan kompetensi penelitian siswa juga mengidentifikasi hambatan serupa dalam implementasi teknologi ini di sekolah.

Namun demikian, tingginya minat mahasiswa (81%) untuk mempelajari Arduino dalam konteks eksperimen fisika menunjukkan adanya kesiapan untuk adopsi teknologi. Temuan ini mengindikasikan bahwa hambatan utama bukanlah pada sikap atau minat mahasiswa, melainkan pada ketersediaan dan aksesibilitas teknologi serta dukungan pembelajaran yang memadai. Hal ini memperkuat argumen bahwa pengembangan media pembelajaran berbasis Arduino-IoT perlu disertai dengan strategi implementasi yang komprehensif, sebagaimana ditekankan dalam penelitian Capraro et al. (2013) tentang pembelajaran berbasis proyek STEM yang terintegrasi.

Fakta bahwa 72% mahasiswa membutuhkan pendampingan awal mengindikasikan perlunya strategi pembelajaran yang terstruktur dan bertahap untuk memfasilitasi adopsi teknologi, sebagaimana dikemukakan oleh Rasmi et al. (2025) dalam penelitiannya tentang integrasi STEM dalam lembar kerja Hukum Hooke dan elastisitas. Pendekatan perancangan dalam pembelajaran Arduino-IoT menjadi penting, di mana dukungan diberikan secara bertahap dan dikurangi seiring dengan peningkatan kompetensi mahasiswa. Hal ini sejalan dengan zona perkembangan proksimal Vygotsky yang menekankan pentingnya dukungan dalam pembelajaran keterampilan baru (Kelley et al., 2020).

### **Implikasi Harapan dan Tantangan dalam Desain Media**

Harapan mahasiswa terhadap media yang mudah digunakan dengan panduan jelas sejalan dengan prinsip desain media pembelajaran yang menekankan pada kebergunaan dan relevansi sebagaimana dikemukakan oleh Rasmi et al. (2025) dalam penelitiannya tentang pengembangan

instrumen penilaian berbasis STEAM untuk berpikir kreatif. Desain antarmuka yang intuitif menjadi krusial dalam mengurangi beban kognitif mahasiswa, sehingga mereka dapat fokus pada pemahaman konsep fisika daripada berkutat dengan kompleksitas teknis. Prinsip kesederhanaan dalam desain perlu diterapkan tanpa mengorbankan fungsionalitas pembelajaran (Hong et al., 2012).

Tantangan keterbatasan pengetahuan pemrograman (68%) dan kekhawatiran terhadap kompleksitas perangkat keras (54%) mengkonfirmasi hasil penelitian yang dilakukan oleh Arsela et al. (2025) bahwa integrasi teknologi memerlukan dukungan pedagogis yang memadai. Untuk mengatasi tantangan ini, pengembangan modul pembelajaran yang bersifat bertahap dengan tingkat kesulitan yang meningkat secara progresif menjadi solusi yang tepat. Pendekatan ini memungkinkan mahasiswa untuk membangun keterampilan secara bertahap, dari yang sederhana hingga kompleks, sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian Sari et al. (2025) tentang pengembangan modul ajar terintegrasi STEAM-PjBL untuk meningkatkan keterampilan komunikasi.

Kebutuhan akan modul pembelajaran terstruktur (87%) menunjukkan bahwa teknologi saja tidak cukup untuk memastikan pembelajaran yang efektif. Diperlukan integrasi yang harmonis antara teknologi, pedagogi, dan konten untuk menciptakan pengalaman belajar yang optimal. Hal ini menegaskan pentingnya pendekatan pengetahuan teknologi pedagogi konten dalam pengembangan dan implementasi media pembelajaran berbasis teknologi, sebagaimana dijelaskan dalam penelitian Kusumaningtyas (2024) tentang pembelajaran berbasis proyek STEM dalam konsep pengukuran untuk meningkatkan literasi saintifik siswa.

### **Keunggulan Desain Media Berbasis Arduino-IoT untuk Pembelajaran Fisika**

Pemilihan Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler utama dan NodeMCU ESP8266 untuk konektivitas IoT merupakan keputusan desain yang tepat berdasarkan pertimbangan

efektivitas biaya, ketersediaan, dan kemudahan penggunaan. Penggunaan sensor DS18B20 tahan air menggantikan DHT11 sejalan dengan rekomendasi yang dikemukakan oleh Banna et al. (2022) dan Ilić et al. (2023) tentang pentingnya akurasi sensor dalam pemantauan kualitas air berbasis IoT. Akurasi pengukuran menjadi faktor kritis dalam pembelajaran fisika untuk memastikan data yang diperoleh dapat digunakan untuk verifikasi konsep dan hukum fisika.

Integrasi platform Blynk untuk visualisasi waktu-nyata melalui telepon pintar memanfaatkan keberadaan perangkat bergerak yang dimiliki mahasiswa, sehingga meningkatkan aksesibilitas dan keterlibatan. Fitur ekspor data CSV memfasilitasi analisis lebih lanjut menggunakan perangkat lunak statistik atau lembar kerja, mengembangkan keterampilan literasi data mahasiswa yang penting dalam era data besar. Sengupta et al. (2023) dalam kajian komprehensif mereka tentang kemajuan pembelajaran mesin dan IoT untuk pemantauan kualitas air juga menekankan pentingnya sistem yang dapat mengintegrasikan pengumpulan data, visualisasi, dan analisis dalam satu platform.

Hasil validasi pakar (88,5%) mengindikasikan bahwa desain media memiliki kelayakan sangat baik dari berbagai aspek: pedagogis, teknis, dan praktis. Keterlibatan pakar dari berbagai latar belakang (pendidikan fisika, teknologi pendidikan, dan praktisi industri) memastikan bahwa desain media tidak hanya kuat secara teoritis tetapi juga dapat diterapkan dalam konteks pembelajaran nyata. Rahman et al. (2024) dalam tinjauan kritis mereka tentang analisis kualitas air menggunakan IoT dan model pembelajaran mesin menegaskan pentingnya validasi menyeluruh dari berbagai perspektif untuk memastikan keandalan dan keberlanjutan sistem.

### **Efektivitas Purwarupa dalam Meningkatkan Pembelajaran**

Hasil uji coba terbatas menunjukkan efektivitas purwarupa dari aspek teknis maupun pedagogis. Kemudahan penggunaan (87,5%)

dan waktu pemasangan yang relatif singkat (12 menit) mengindikasikan bahwa desain media telah memenuhi prinsip kebergunaan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa waktu pembelajaran tidak banyak tersita untuk pemasangan teknis, melainkan fokus pada eksplorasi konsep fisika, sebagaimana ditekankan oleh Ga et al. (2021) dalam penelitiannya tentang adaptasi IoT ke perangkat berbasis Arduino untuk penginderaan jarak jauh berbiaya rendah dalam lingkungan pembelajaran sains sekolah.

Akurasi sensor yang tinggi (96,2%) memvalidasi bahwa media dapat diandalkan untuk pengukuran ilmiah. Keandalan instrumen pengukuran merupakan prasyarat untuk pembelajaran sains yang autentik, di mana mahasiswa mengalami proses inkuiri layaknya seorang ilmuwan (Hong et al., 2012). Stabilitas koneksi IoT (92%) menunjukkan bahwa teknologi nirkabel dapat diandalkan untuk transmisi data waktu-nyata, membuka peluang untuk eksperimen jarak jauh atau pengumpulan data kolaboratif.

Dari aspek pedagogis, peningkatan motivasi belajar (100%) sejalan dengan teori determinasi diri yang menyatakan bahwa pembelajaran yang memberikan otonomi, kompetensi, dan keterkaitan akan meningkatkan motivasi intrinsik. Media Arduino-IoT memberikan otonomi melalui kesempatan merancang eksperimen, kompetensi melalui keberhasilan mengoperasikan teknologi, dan keterkaitan melalui kolaborasi dalam kelompok serta konteks pembelajaran yang relevan dengan isu lingkungan (Kelley et al., 2020).

Peningkatan pemahaman konsep fisika (87,5%) mengkonfirmasi temuan yang dikemukakan oleh Rasmi et al. (2025) bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran meningkatkan kolaborasi dan hasil belajar siswa. Pembelajaran berbasis proyek dengan Arduino-IoT memfasilitasi integrasi antar disiplin ilmu, di mana mahasiswa tidak hanya belajar fisika tetapi juga teknologi, teknik, dan matematika secara holistik (Capraro et al., 2013). Hal ini sejalan dengan observasi Ahmed et al. (2019) yang menunjukkan bahwa transisi

dari teknologi konvensional ke emerging technologies seperti Arduino - IoT membawa dampak signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem monitoring. Ahmed et al. (2019). Pendekatan antardisiplin ini mencerminkan praktik ilmiah autentik di mana batasan antar disiplin ilmu menjadi kabur, sebagaimana ditegaskan oleh Sulaiman et al. (2023) dalam penelitiannya tentang pembelajaran berbasis proyek STEM terintegrasi untuk pembelajaran fisika dari perspektif neurosains.

Motivasi mahasiswa untuk mengembangkan proyek mandiri (75%) menunjukkan bahwa pembelajaran dengan Arduino-IoT berhasil menumbuhkan minat dan keyakinan diri dalam teknologi. Transfer pembelajaran ini mengindikasikan bahwa pembelajaran tidak hanya bersifat dangkal tetapi telah mencapai tingkat pembelajaran bermakna di mana mahasiswa melihat penerapan keterampilan yang dipelajari di luar konteks kelas (Zhang & Ma, 2023). Kuo et al. (2019) juga menemukan bahwa kursus desain dan pengembangan sistem interaksi manusia-komputer STEM interdisipliner berbasis PBL berhasil meningkatkan motivasi dan kreativitas mahasiswa dalam mengembangkan proyek mandiri.

### **Implikasi untuk Pengembangan Lebih Lanjut**

Masukan mahasiswa untuk penambahan video tutorial, fitur perbandingan data antar kelompok, variasi sensor, dan modul bertahap memberikan arah yang jelas untuk iterasi desain selanjutnya. Pengembangan video tutorial sejalan dengan prinsip pembelajaran multimedia yang menyatakan bahwa kombinasi visual dan verbal dapat meningkatkan pembelajaran. Video tutorial juga memfasilitasi pembelajaran mandiri dan dapat diakses berulang kali untuk peninjauan ulang. Project-based learning bersifat fleksibel dan adaptif, sehingga implementasinya dapat bervariasi sesuai dengan konteks kelas dan kebutuhan mahasiswa (Tamim & Grant, 2013)

Fitur perbandingan data antar kelompok akan meningkatkan dimensi pembelajaran

kolaboratif dan konstruksi pengetahuan secara sosial. Mahasiswa dapat belajar dari hasil eksperimen kelompok lain, mengidentifikasi variasi dalam data, dan berdiskusi tentang kemungkinan sumber kesalahan atau perbaikan dalam prosedur eksperimen. Hal ini mengembangkan keterampilan argumentasi ilmiah yang penting dalam literasi sains (Kusumaningtyas, 2024). Penelitian oleh Petryshyn et al. (2024) juga menunjukkan bahwa penggunaan Arduino dalam pendidikan fisika sekolah dapat mengembangkan kompetensi penelitian siswa melalui aktivitas kolaboratif dan reflektif.

Pencapaian TKT 3 menunjukkan bahwa penelitian telah berhasil mengembangkan bukti konsep yang tervalidasi secara terbatas. Langkah selanjutnya adalah peningkatan skala menuju TKT 4-5 dengan validasi dalam lingkungan yang relevan dan demonstrasi purwarupa sistem. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengukur dampak jangka panjang terhadap pemahaman konseptual, retensi, dan penerapan pengetahuan dalam konteks baru, sebagaimana direkomendasikan oleh Marín-Marín et al. (2024) dalam kajian sistematis mereka tentang pemikiran komputasional dan pemrograman dengan Arduino dalam pendidikan.

### **SIMPULAN**

Penelitian ini berhasil mengeksplorasi persepsi mahasiswa pendidikan fisika terhadap integrasi Arduino-IoT dalam media pengayaan berbasis STEMLAB. Hasil menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki minat tinggi terhadap teknologi ini meskipun sebagian besar belum familiar dengan penggunaannya. Purwarupa media yang dikembangkan berdasarkan analisis kebutuhan pengguna telah divalidasi dengan baik dan menunjukkan hasil positif dalam uji coba terbatas. Media ini efektif meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konsep fisika, dan keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran.

Penelitian ini merekomendasikan implementasi lebih luas dengan penyempurnaan berdasarkan masukan pengguna, pengembangan modul pembelajaran terstruktur dengan video tutorial,

serta integrasi media ini ke dalam kurikulum praktikum fisika. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk menguji efektivitas media pada skala lebih besar dan mengukur dampaknya terhadap hasil belajar mahasiswa secara kuantitatif.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi atas dukungan pendanaan melalui skema Penelitian Dosen Pemula dengan Nomor surat perjanjian kontrak 490/UN21.11/PT.01.05/SPK/2025 tahun anggaran 2025. Terima kasih juga disampaikan kepada Program studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Jambi serta mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.

### REFERENSI

- Ahmed, U., Mumtaz, R., Anwar, H., Mumtaz, S., & Qamar, A. M. (2019). Water quality monitoring: From conventional to emerging technologies. *Water Science & Technology: Water Supply*, 20(1), 28–45. <https://doi.org/10.2166/ws.2019.144>
- Arsela, R., Hendri, M., & Rasmi, D. P. (2025). Pengembangan Modul Ajar Terintegrasi STEAM-PjBL Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Pada Materi Fluida Statis. *JIPP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(5), 4760-4767. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i5.7837>
- Banna, M. H. Al, Ghosh, T., Taher, K. A., Kaiser, M. S., & Mahmud, M. (2022). IoT-based water quality monitoring and prediction system using machine learning. *Sensors*, 22(13), 4766. <https://doi.org/10.3390/s22134766>
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (2nd ed.). Sense Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>
- Ga, S.-H., Cha, H.-J., & Kim, C.-J. (2021). Adapting internet of things to Arduino-based devices for low-cost remote sensing in school science learning environments. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 17(02), 4–18. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i02.20089>
- Han, S., Yalvac, B., Capraro, M. M., & Capraro, R. M. (2015). In-service teachers' implementation and understanding of STEM project based learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(6), 1417–1446. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1306a>
- Hendri, M., Rasmi, D. P., Andika, N., & Wibisana, S. S. (2025). Integration of Arduino Uno and IoT concepts in the development of magnetic field learning media: A qualitative descriptive study. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(8), 785–797. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i8.12178>
- Hong, J.-C., Chen, M.-Y., Wong, A., Hsu, T.-F., & Peng, C.-C. (2012). Developing physics concepts through hands-on problem solving: A perspective on a technological project design. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(4), 473–487. <https://doi.org/10.1007/s10798-011-9163-7>
- Ilić, V., Popadić, B., & Pešić, D. (2023). IoT in water quality monitoring—Are we really here? *Sensors*, 23(2), 960. <https://doi.org/10.3390/s23020960>
- Jan, F., Min-Allah, N., & Düşteğör, D. (2021). IoT-based smart water quality monitoring: Recent techniques, trends, and challenges for domestic applications. *Water*, 13(13), 1729. <https://doi.org/10.3390/w13131729>
- Kelley, T. R., Knowles, J. G., Holland, J. D., & Han, J. (2020). Increasing high school

- teachers' self-efficacy for integrated STEM instruction through a collaborative community of practice. *International Journal of STEM Education*, 7(14), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00211-w>
- Kuo, H.-C., Tseng, Y.-C., & Yang, Y.-T. C. (2019). Promoting college students' learning motivation and creativity through a STEM interdisciplinary PBL human-computer interaction system design and development course. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.09.001>
- Kusumaningtyas, D. A. (2024). STEM-project based learning in physics concept of measurement to enhance high school students' scientific literacy. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 10(2), 295–306. <https://doi.org/10.21009/1.10217>
- Marín-Marín, J., Lázaro-Pérez, C., Usart, M., & Gisbert-Cervera, M. (2024). Computational thinking and programming with Arduino in education: A systematic review for secondary education. *Heliyon*, 10(8), e29177. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29177>
- Petryshyn, O., Kotsur, V., & Dudnik, O. (2024). Using Arduino to develop research competencies of students in school physics education. *CTE Workshop Proceedings*, 11, 200–212. <https://doi.org/10.55056/cte.663>
- Rahman, M. M., Dey, K. K., Islam, M. T., & Al Azad, A. K. (2024). Critical review on water quality analysis using IoT and machine learning models. *International Journal of Information Technology*, 16, 1205–1222. <https://doi.org/10.1007/s41870-023-01605-2>
- Rasmi, D. P., Wibisana, S. S., & Hendri, M. (2025a). The Integrating STEM in Hooke's Law and Elasticity Worksheets: Enhancing Student Collaboration and Learning Outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(2), 573–581. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i2.10166>
- Rasmi, D. P., Hendri, M., & Mardatila, A. (2025b). Development of STEAM-Based Assessment Instrument for Creative Thinking on Static Fluid Material. *Jurnal Pijar Mipa*, 20(2), 316–325. <https://doi.org/10.29303/jpm.v20i2.8615>
- Sari, R. M., Hendri, M., & Rasmi, D. P. (2025c). Pengembangan Modul Ajar Terintegrasi STEAM-PjBL untuk meningkatkan Keterampilan Komunikasi Pada Materi Suhu dan Kalor. *JlIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(5), 4768–4776. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i5.7836>
- Sengupta, P., Ghosh, A., Patra, S., & Ghosh, B. (2023). Advances in machine learning and IoT for water quality monitoring: A comprehensive review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(11), 1356. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11916-4>
- Sulaiman, F., Ching, G. S., Rosales Jr., J. J., & Uden, L. (2023). Integrated science, technology, engineering, and mathematics project-based learning for physics learning from neuroscience perspectives. *Frontiers in Psychology*, 14, 1136246. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1136246>
- Tamim, S. R., & Grant, M. M. (2013). Definitions and uses: Case study of teachers implementing project-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7(2), 72–101. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1323>
- Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14, 1202728. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>